

Beschreibung

Verfahren und Herstellungsanlage zum Herstellen eines  
schichtartigen Bauteils

Best Available Copy

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines  
schichtartigen Bauteils, bei dem das Bauteil auf einem Sub-  
stratband durch Beschichten des Substrates erzeugt wird, wo-  
bei das Substrat aus einer Formgedächtnislegierung besteht,  
das mit dem Bauteil beschichtete Substrat derart temperiert  
wird, dass das Substrat eine Formänderung aufgrund des Form-  
gedächtnisses erfährt und das Bauteil von dem Substratband  
getrennt wird.

Aus der US 6,024,907 ist ein Verfahren bekannt, bei dem eine  
Kunststofffolie mittels einer geeigneten Erzeugungseinrich-  
tung hergestellt wird. Diese wird anschließend für eine Ober-  
flächenbehandlung auf ein endloses Band aus einer Formge-  
dächtnislegierung aufgebracht, wobei dieses Band eine geeig-  
nete Oberflächenstrukturierung aufweist. Das Aufbringen des  
Bandes erfolgt mittels zweier Druckwalzen. Um das struktu-  
rierte Band anschließend besser von dem Substratband lösen zu  
können, wird durch Erwärmung oder Abkühlung das Formgedächt-  
nis des Substratbandes aktiviert, so dass die zwischen dem  
Substratband aufgrund seiner Formänderung und der Kunststoff-  
folie auftretenden Spannungen die Ablösung der Kuststofffolie  
erleichtern.

Ein ähnliches Verfahren ist aus der US 4,530,739 bekannt. Bei  
dem Verfahren gemäß diesem Dokument wird ein schichtartiges  
Bauteil in Form eines endlosen Bandes auf einer als Substrat  
dienenden, sich drehenden Walze hergestellt. Zu diesem Zweck  
taucht die sich drehende Walze in ein galvanisches Bad ein,

aus dem das herzustellende Bauteil auf der Walze abgeschieden wird. Sobald das schichtartige Bauteil die gewünschte Dicke erreicht hat, wird dieses von der Walze abgezogen und beispielsweise auf einer Vorratsrolle aufgewickelt.

5

Der Ablöseprozess des schichtartigen Bauteils von der Substratwalze wird durch eine Beheizung bzw. Kühlung des schichtartigen Bauteils und der Substratwalze unterstützt. Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Substratwalze und des erzeugten schichtartigen Bauteils entsteht nämlich aufgrund verzerrungsbedingter Gitterspannungen in dem Gefüge der Substratwalze und des schichtartigen Bauteils entlang ihrer gemeinsamen Grenzfläche eine mechanische Spannung (im Folgenden auch als Stress bezeichnet), die die Bindungen der Atome in der Grenzfläche schwächt und so eine Trennung des schichtartigen Bauteils von der Substratwalze durch Abziehen erleichtert oder sogar bewirkt. Die Wirksamkeit der unterstützenden Wirkung einer Erwärmung oder Kühlung auf den Trennvorgang hängt vorrangig von dem Unterschied der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Substratwalze und des schichtartigen Bauteils ab.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen eines schichtartigen Bauteils auf einem Substrat anzugeben, bei dem eine Unterstützung der Trennung des schichtartigen Bauteils von dem Substrat durch einen Formgedächtniseffekt besonders vorteilbringend zur Anwendung kommen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Gefügetextur des Substratbandes durch ein quasiepitaktisches Aufwachsen des schichtartigen Bauteils auf dieses übertragen wird. Anschließend wird die Formänderung des Substrates auf-

- grund seines Formgedächtnisses genutzt, um nach der Beschichtung des Substrates einen die Trennung von Substrat und Bauteil erleichternden Stress entlang der gemeinsamen Grenzfläche zwischen Substrat und Bauteil zu erzeugen. Der Formgedächtniseffekt kann beispielsweise bewirken, dass sich ein Substratband, auf dem das Bauteil erzeugt wurde, entlang seiner Längsausdehnung zusammenzieht, wobei die aufgrund der Haftung zwischen Substrat und Bauteil entstehenden Gitterverzerrungen entlang der Grenzfläche den Stress bewirken. Der Stress führt dann vorteilhaft zu einer Verringerung der Abziehkräfte für das Bauteil vom Substrat oder sogar schon zu dessen Trennung, so dass ein Abziehen im Wesentlichen kräftefrei erfolgen kann.
- Das Verfahren kann erfindungsgemäß nun zum quasiepiktaktischen Aufwachsen von schichtartigen Bauteilen auf ein Substrat und deren anschließende Ablösung genutzt werden. Bei dem quasiepiktaktischen Aufwachsen wird eine Textur des Substratgefüges auf das aufwachsende, schichtartige Bauteil übertragen, so dass dieses dieselbe Gefügetextur aufweist. Das quasiepiktaktische Aufwachsen kann beispielsweise mittels PVD-Verfahren oder auch durch galvanische Abscheidung erfolgen. Vorteilhaft lassen sich auf diese Weise beispielsweise Hochtemperatursupraleiter (HTSL) wie  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  (YBCO) oder auch zur Abscheidung solcher HTSL geeignete Substrate mit texturierter Gefügestruktur kostengünstig herstellen. Ein Verfahren zum quasiepiktaktischen Aufwachsen von HTSL-Schichten ist beispielsweise in der DE 101 36 890 A1 beschrieben.
- Für die Trennung von quasiepiktaktisch aufgewachsenen, schichtförmigen Bauteilen vom Substrat lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren, bei dem die Trennung durch den erzeugten Stress an der Grenzfläche zwischen Substrat und Bauteil

erleichtert wird, besonders vorteilbringend anwenden. Aufgrund des Herstellungsprozesses, bei dem die Gefügetextur vom Substrat auf das schichtartige Bauteil übertragen wird, ist nämlich auch die Haftung zwischen dem Substrat und dem erzeugten Bauteil besonders groß, da die Gefüge von Bauteil und Substrat sozusagen wie der Schlüssel zum Schloss passen. Daher ist eine Verringerung der Haftung zwischen den beiden zu trennenden Partnern durch Aufbau eines Stresses im Gefüge notwendige Voraussetzung dafür, dass insbesondere dünne schichtartige Bauteile überhaupt vom Substrat abgezogen werden können. Weiterhin soll die die Grenzfläche zum Substrat bildende Oberfläche des schichtartigen Bauteils einerseits wie auch die Substratoberfläche andererseits nach dem Trennungsprozess möglichst defektfrei die Gefügetextur abbilden, damit zum Beispiel das Substrat mehrfach zum quasiepiktaktischen Aufwachsen verwendet werden kann bzw. das schichtartige Bauteil selbst ebenfalls als Substrat für einen weiteren Produktionsschritt des quasiepiktaktischen Aufwachsens Verwendung finden kann. Diese zumindest weitgehende Defektfreiheit der Oberfläche lässt sich nur erreichen, wenn die Trennung durch Ausbildung eines Stresses nach dem erfindungsgemäßen Verfahren unterstützt wird.

Gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass bei dem Substrat der Einwegeffekt ausgenutzt wird, indem das Substrat vor der Beschichtung verformt wird und nach der Beschichtung derart erwärmt wird, dass das Substrat in seine unverformte Gestalt übergeht. Bei dem Einwegeffekt von Formgedächtnislegierungen wird der Umstand ausgenutzt, dass sich diese in einem bestimmten Temperaturbereich pseudoplastisch verformen lassen, d. h. dass sich diese pseudoplastische Verformung beim Verlassen dieses Temperaturbereichs durch Erwärmung zurückbildet und das Bauteil aus der Formge-

dächtnislegierung in seine ursprünglich unverformte Gestalt zurückfindet. Wird bei dem Verfahren z. B. ein Substratband verwendet, kann dieses vorteilhaft mit einfachen Mitteln gestreckt werden, anschließend beschichtet werden und unter  
5 Ausnutzung des Einwegeffektes, also einer Kontraktion des Bandes die Beschichtung vom Substratband gelöst werden. Auf diese Weise lassen sich vorteilhaft Substrate, insbesondere Substratbänder mit gut vorhersagbaren Eigenschaften hinsichtlich des Formgedächtniseffektes erzeugen, welche außerdem ei-  
10 ne vergleichsweise hohe Zahl von Produktionszyklen der Band-erzeugung auf dem Substratband ertragen können.

Gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass bei dem Substrat der Zweiwegeeffekt ausgenutzt wird,  
15 indem das Substrat vor der Beschichtung derart temperiert wird, dass es in seine eine Gestalt übergeht und dass das Substrat nach der Beschichtung derart temperiert wird, dass es in seine andere Gestalt übergeht. Der Zweiwegeeffekt von Formgedächtnislegierungen kann nur ausgenutzt werden, wenn  
20 das Bauteil mit dem Formgedächtniseffekt zunächst einer speziellen Behandlung, dem so genannten Training, unterworfen wird. Dabei werden nach dem gängigsten Verfahren in dem Bauteil gezielt irreversible Verformungen erzeugt, welche in dem Gefüge der Formgedächtnislegierung zur Ausbildung von span-  
25 nungsinduzierenden Gefügefehlern führt. Diese Gefügespannungen bilden sich nach Durchlaufen mehrerer Trainingszyklen anisotrop im Gefüge aus und bewirken durch die Anisotropie den Zweiwegeeffekt. Bei Erwärmung des Bauteils aus der Formgedächtnislegierung findet diese nach dem bereits beschriebenen  
30 Einwegeffekt in die Gestalt mit dem durch das Training erzeugten irreversiblen Verformungsanteil. Wird das Bauteil abgekühlt, findet das Bauteil aufgrund der durch das Training erzeugten charakteristischen Spannungsverteilung im Bauteil

in den antrainierten Verformungszustand zurück. Durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung des Bauteils lässt sich dieser Vorgang wiederholen.

5 Für das Verfahren zum Herstellen des schichtartigen Bauteils eignet sich der Zweiwegeeffekt vorteilhaft, um eine Ablösung aufgrund des Formgedächtniseffektes allein durch eine geeignete Temperaturführung des Prozesses (d. h. Erwärmen und Abkühlen in die notwendigen Temperaturbereiche) zu unterstützen. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Substrat nach der Beschichtung abwechselnd derart erwärmt und abgekühlt wird, dass es abwechselnd in seine eine und in seine andere Gestalt übergeht. Durch die mehrfache Gestaltänderung des Substrates kann ein Ablöseprozess zwischen Substrat und Bauteil in mehreren Schritten erfolgen, d. h. eine vollständige oder zumindest zum Abziehen ausreichende Ablösung muss nicht bereits bei der ersten formgedächtnisbedingten Gestaltänderung des Substrates erfolgen.

20 Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Herstellungsanlage mit einem Substratband zur Herstellung eines bandförmigen, schichtartigen Bauteils, wobei das Substratband durch eine Erzeugungseinrichtung für das Bauteil und eine temperierbare Trenneinrichtung zur Gewinnung des Bauteils geführt ist und wobei das Substratband aus einer Formgedächtnislegierung besteht. Eine solche Trenneinrichtung ist in der eingangs bereits erwähnten US 6,024,907 beschrieben. Die Funktionsweise dieser Trenneinrichtung ist eingangs bereits genau erläutert worden.

30

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Trenneinrichtung für ein auf einem Substrat befindliches Bauteil anzugeben, mit dem eine Unterstützung der Trennung des schicht-

artigen Bauteils vom Substrat durch einen Formgedächtniseffekt besonders vorteilhaft zur Anwendung kommen kann.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Erzeugungseinrichtung zum quasiepitaktischen Aufwachsen des schichtartigen Bauteils auf das Substrat vorgesehen ist; insbesondere aus einer Anlage zum PVD-Beschichten oder zum galvanischen Abscheiden besteht. Damit kann die temperierte Trenneinrichtung dazu verwendet werden, die Trennung zwischen  
10 Substratband und schichtartigem Bauteil unter Ausnutzung des Formgedächtniseffektes zu unterstützen. Hierdurch lässt sich vorteilhaft das erzeugte Bauteil besonders schonend von dem Substratband lösen. Dass der Formgedächtniseffekt des Substratbandes für eine Trennung quasiepitaktisch auf das Substrat aufgewachsener Bauteile genutzt werden kann und welche  
15 Vorteile sich daraus ergeben, ist bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren genau erläutert worden.

Selbstverständlich kann eine Trennung von Substrat und  
20 schichtartigem Bauteil durch weitere Effekte zusätzlich erleichtert werden. Beispielsweise führt eine Abkühlung oder Beheizung von Substrat und Bauteil, wie in der eingangs erwähnten US 4,530,739 beschrieben, bei Vorliegen unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten zur Ausbildung eines zusätzlichen Stresses, der dem Stress aufgrund des Formgedächtnisses verstärkend überlagert werden kann. Gemäß einer anderen Möglichkeit kann unter der Voraussetzung, dass zumindest einer der Partner (Substratband oder Bauteil) ferromagnetisch ist, der Effekt der Magnetostrektion ausgenutzt werden. Zu  
25 diesem Zweck wird das mit dem schichtartigen Bauteil versehene Substrat einem Magnetfeld ausgesetzt, welches aufgrund des Effektes der Magnetostrektion zu einer Formänderung des ferromagnetischen Partners führt. Dies bewirkt bei geeigneter  
30

Ausrichtung des Magnetfeldes die Ausbildung eines zusätzlichen Stresses in der Grenzfläche zwischen dem Substrat und dem Bauteil.

- 5 Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Erzeugereinrichtung eine Verformungseinrichtung, insbesondere eine Streckeinrichtung für das Substratband vorgeschaltet ist. Mit der Verformungseinrichtung lässt sich vorteilhaft der Einwegeffekt für das Substrat nutzen, indem dieses mittels der Verformungseinrichtung beispielsweise gestreckt wird, anschließend in der Erzeugungseinrichtung mit dem schichtartigen Bauteil beschichtet wird und dieses Bauteil unter Ausnutzung des Einwegeffektes aufgrund einer Erwärmung des Substrates von dem Substrat abgezogen wird. Alle für das erfindungsgemäße Verfahren wesentlichen Schritte lassen sich vorteilhaft in der Herstellungsanlage vereinen.

- 20 Eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Erzeugungseinrichtung eine Temperiereinrichtung für das Substratband vorgeschaltet ist. Die Temperiereinrichtung kann vorteilhaft zur Ausnutzung eines "dem Substrat antrainierten" Zweiwegeffektes verwendet werden.

- 25 Eine letzte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Substratband als in der Herstellungsanlage umlaufendes Endlosband ausgeführt ist. Hierdurch lässt sich vorteilhafterweise der Prozess besonders effizient durchführen, weswegen sich die Herstellungsanlage für eine großtechnische Anwendung eignet.

- 30 Weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnung beschrieben. Hierbei zeigen



Figur 1 schematisch eine Herstellungsanlage zur Herstellung eines schichtartigen Bauteils und dessen anschließenden Ablösung von einem umlaufenden Substratband,

Figur 2 schematisch die Gefügeumwandlung  $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$ , die den Formgedächtniseffekt bedingt, in Abhängigkeit von der Temperatur T.

In Figur 1 ist eine Herstellungsanlage 11 dargestellt, in der ein Substratband 12 von Transportwalzen 13 geführt und angetrieben wird. Dieses Substratband 12 ist als Endlosband ausgeführt und läuft in der Herstellungsanlage entsprechend der angedeuteten Pfeile um. Die Herstellungsanlage weist eine Herstellungseinrichtung 14 und eine Trenneinrichtung 15 für ein schichtartiges Bauteil in Form eines Bandes 16 auf, wobei durch das Substratband 12 ein Transportweg durch die Herstellungsanlage 11 definiert ist, welcher durch die Herstellungseinrichtung 14 und die Trenneinrichtung 15 läuft.

Die Herstellungseinrichtung 14 ist durch ein galvanisches Bad 17 gebildet, in dem das Band 16 quasiepiaktisch aufwächst, d. h. dass die Gefügetextur des Substratbandes auf das im galvanischen Bad durch Beschichten des Substratbandes 12 hergestellte Band 16 übertragen wird. Anschließend wird das mit dem Band 16 beschichtete Substratband 12 durch die Trenneinrichtung 15 geführt, in der die Haftung zwischen dem Substratband 12 und dem hergestellten Band 16 vermindert oder sogar vollständig aufgehoben wird, so dass das Band 16 von dem Substratband 12 abgezogen und auf eine Vorratsrolle 18 aufgewickelt werden kann. Das Substratband 12 wird nach dem Abziehen des Bandes 16 als Endlosschleife wieder zurück in das galvanische Bad 17 geführt.

In der Trenneinrichtung 15 durchläuft das Band 16 nacheinander einen Kühler 19a, eine Heizung 20 und einen weiteren Kühler 19b. Durch eine geeignete Kühlung und Beheizung in der Trenneinrichtung wird die Trennung des Substratbandes hervorgerufen. Während der Rückführung des Substratbandes 12 von der Trenneinrichtung 15 zum galvanischen Bad 17 durchläuft dieses weiterhin eine Konditioniereinrichtung 21, welche zur geeigneten Vorbereitung des Substratbandes für die Beschichtung dient, so dass nach der Beschichtung in der Trenneinrichtung der Formgedächtniseffekt zur Unterstützung bzw. Bewirkung der Trennung genutzt werden kann. Die Konditioniereinrichtung weist einerseits eine Heizung 22 auf, sowie weiterhin eine Streckeinrichtung 23, die aus besonderen, jeweils aufeinander abrollenden Transportwalzen 13a besteht. Zwischen den aufeinander abrollenden Transportwalzen 13a ist das Substratband geführt, so dass durch den Andruck jeweils benachbarter Transportwalzen 13a ein Rutschen auf des Substratbandes 12 auf diesen verhindert wird. Eine Streckung des Bandes wird dadurch erzielt, dass die Transportwalzen 13a hinter der Heizung 22 mit höherer Geschwindigkeit laufen, als die Transportwalzen 13a vor der Heizung.

Je nach genutztem Formgedächtniseffekt werden die Trenneinrichtung 14 und die Konditioniereinrichtung 21 in unterschiedlichen, aufeinander abgestimmten Funktionszuständen beschrieben. Bei der Nutzung des Einwegeffektes ist eine Beheizung durch die Heizung 22 nicht notwendig, sondern die Streckeinrichtung 23 kommt zum Einsatz, um eine Verformung des Substratbandes 12 zu erzeugen. Nach Durchlaufen des galvanischen Bades 17 muss somit lediglich durch Beheizung über die Heizung 20 in der Trenneinrichtung sichergestellt werden, dass das Substratband unter Ausnutzung des Formgedächtnisses in die ungestreckte Form übergeht.

Wird der Zweiwegeeffekt genutzt, so ist die Streckeneinrichtung 23 durch Synchronisierung der Drehzahlen aller Transportwalzen 13a außer Kraft gesetzt. Dafür erfolgt eine Beheizung durch die Heizung 22, die den Formgedächtniseffekt in dem Substratband in die eine Richtung auslöst. Nach Durchlaufen des galvanischen Bades 17 kann durch Einsatz zumindest des Kühlers 19a der Formgedächtniseffekt zumindest einmal in die andere Richtung aktiviert werden. Durch Einsatz der Heizung 20 und des Kühlers 19b wird der Zyklus des Zweiwegeeffektes ein zweites Mal durchlaufen, wodurch eine stärkere Ver-  
ringerung der Bindungskräfte zwischen Substratband 12 und Band 16 erreicht wird. Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung des Zweiwegeeffektes besteht darin, die Kühler 19a, 19b und die Heizungen 20, 22 gegeneinander zu tauschen, wodurch der Zweiwegeeffekt im Substratband gerade komplementär zum oben beschriebenen Ablauf genutzt wird.

In Figur 2 ist die in Formgedächtnislegierungen wie z. B. Ni-Ti ablaufende Phasenumwandlung, die den Formgedächtniseffekt bewirkt, dargestellt. Der Formgedächtniseffekt tritt in Legierungen auf, in denen eine thermoelastische martensitische Phasenumwandlung möglich ist. Die mit dem Formgedächtnis ausgestatteten Bauteile müssen ein einphasiges Gefüge aufweisen. In der Tieftemperaturphase liegt das Gefüge als Martensit  $\alpha$  vor. Wird das Gefüge erwärmt, bildet sich oberhalb einer Austenit-Starttemperatur  $A_s$  nach und nach ein austenitisches Gefüge  $\beta$  aus, wobei oberhalb der Temperatur  $A_f$  (Austenit-Finish) zu 100% die  $\beta$ -Phase ausgebildet ist. Wird der Austenit nun abgekühlt, wandelt er sich innerhalb des Bereiches von  $M_s$  bis  $M_f$  (Martensit-Start bis Martensit-Finish) wieder in Martensit  $\alpha$  um, wobei in dem beschriebenen Prozess eine Hysterese durchlaufen wird. In einem Temperaturbereich zwischen  $A_f$  und  $M_s$  zeigt das Bauteil pseudoelastisches Verhalten. Dies

bedeutet, dass sich in dem austenischen Gefüge spannungsinduziert Martensit bilden kann, welches sich bei Wegfall der Spannungen wieder zurück bildet.

- 5 Unterhalb der Temperatur  $M_f$  verhält sich das Bauteil pseudo-plastisch, d. h. dass es zunächst bleibend verformt werden kann, wobei jedoch eine Erwärmung des Bauteils oberhalb  $A_f$  den Formgedächtniseffekt im Bauteil aktiviert, so dass sich dieses unter Ausnutzung des Einwegeffektes zurückverformt.

10

Der Zweiwegeeffekt wird durch ein Training mit plastischer Verformung des Bauteils unterhalb von  $M_f$  mit irreversiblen Anteilen "antrainiert". Zur Nutzung des Zweiwegeeffektes wird das Bauteil abwechselnd unterhalb von  $M_f$  und oberhalb von  $A_f$  erwärmt und abgekühlt und wechselt dabei reversibel zwischen zwei Gestalten.

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines schichtartigen Bauteils (16), bei dem

- 5 - das Bauteil (16) auf einem Substrat (12) durch Beschichten des Substrates (12) erzeugt wird, wobei das Substrat (12) aus einer Formgedächtnislegierung besteht,
- das mit dem Bauteil (16) beschichtete Substrat (12) derart temperiert wird, dass das Substrat eine Formänderung aufgrund des Formgedächtniseffektes erfährt und
- 10 - das Bauteil (16) von dem Substratband (12) getrennt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- dass die Gefügetextur des Substratbandes durch ein quasiepi-taktisches Aufwachsen des schichtartigen Bauteils auf dieses
- 15 übertragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- dass bei dem Substrat (12) der Einwegeffekt ausgenutzt wird,
- 20 indem das Substrat vor der Beschichtung verformt wird und nach der Beschichtung derart erwärmt wird, dass das Substrat in seine unverformte Gestalt übergeht.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

- 25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- dass bei dem Substrat (12) der Zweiwegeffekt ausgenutzt wird, indem das Substrat vor der Beschichtung derart temperiert wird, dass es in seine eine Gestalt übergeht und dass das Substrat nach der Beschichtung derart temperiert wird, dass
- 30 es in seine andere Gestalt übergeht.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass das Substrat (12) nach der Beschichtung abwechselnd derart erwärmt und abgekühlt wird, dass es abwechselnd in seine eine und in seine andere Gestalt übergeht.

5 5. Herstellungsanlage mit einem Substratband (12) zur Herstellung eines bandförmigen, schichtartigen Bauteils (16), wobei das Substratband (12) durch eine Erzeugungseinrichtung (17) für das Bauteil und eine temperierbare Trenneinrichtung (15) zur Gewinnung des Bauteils geführt ist und wobei  
10 das Substratband aus einer Formgedächtnislegierung besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugungseinrichtung zum quasiepitaktischen Aufwachsen des schichtartigen Bauteils auf das Substratband vorgesehen ist.

15

6. Herstellungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugungseinrichtung eine Anlage zum PVD-Beschichten oder zum galvanischen Abscheiden ist.

20

7. Herstellungsanlage nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Erzeugungseinrichtung (17) eine Verformungseinrichtung, insbesondere eine Streckeinrichtung (23) für das Substratband vorgeschaltet ist.

25

8. Herstellungsanlage nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Erzeugungseinrichtung (17) eine Temperiereinrichtung  
30 (22) für das Substratband vorgeschaltet ist.

9. Herstellungsanlage nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet,

dass das Substratband (12) als in der Herstellungsanlage umlaufendes Endlosband ausgeführt ist.

1 / 1

FIG 1

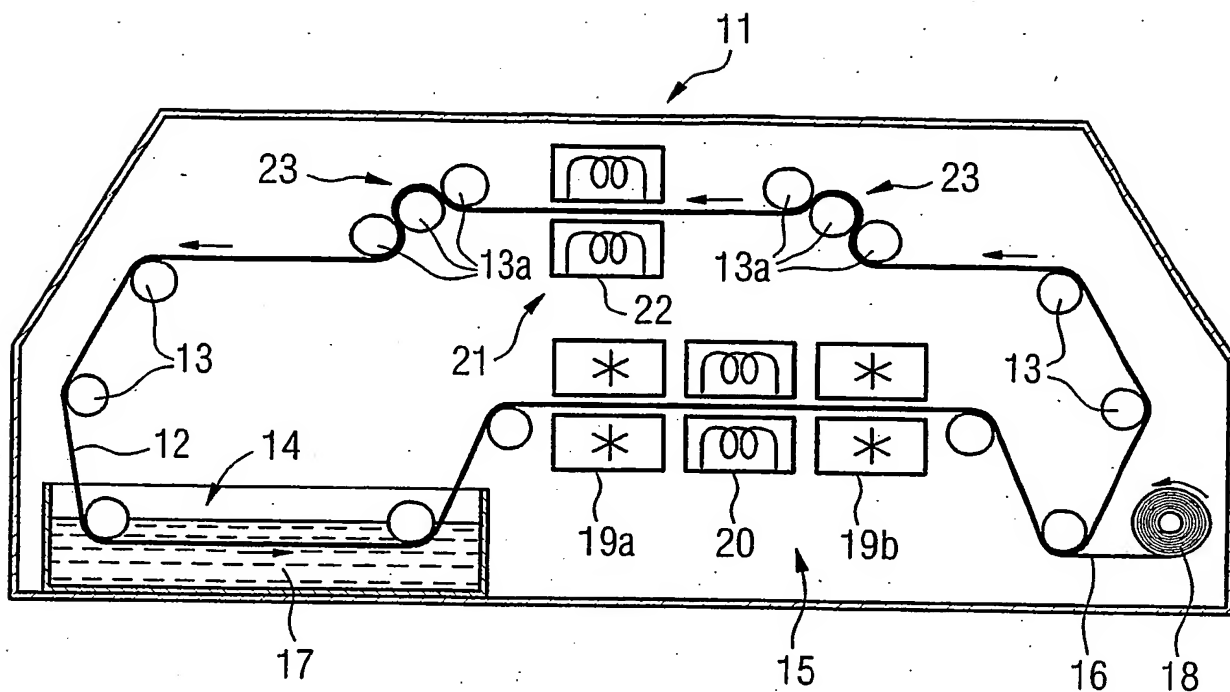
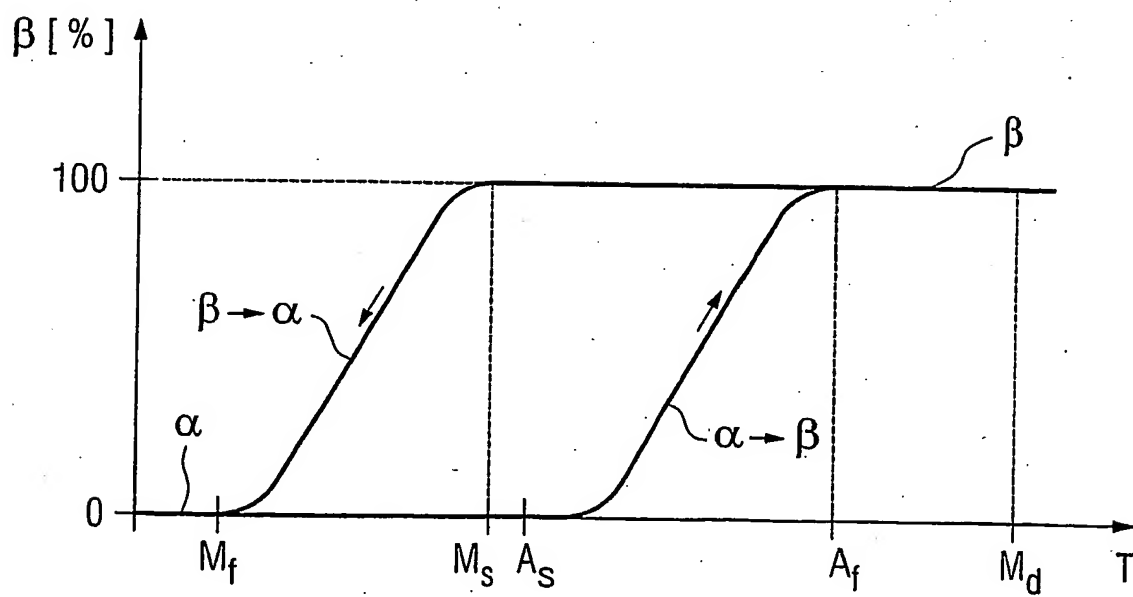


FIG 2





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**